Controlador de Temperatura mod. MFC-201/T

Manual Técnico

Licht

Conteúdo

1 Introdução 2

2 Itens a destacar 3

3 Princípio de operação 4
3.1 Princípio geral 4
3.2 Operação dos RTDs 6
3.3 Registro de eventos (opcional) 7

4 Indicações 9

5 Configuração 10
5.1 Reset de parâmetros 10

6 Parâmetros programáveis 11
6.1 Saídas de corrente (opcional) 13
6.2 Comunicação MODBUS 14
6.3 Comunicação DNP3 (opcional) 14
6.4 Relógio 16

A Especificações 17

B Alojamento 18

C Diagrama de conexões 19

D Ficha de ajustes 22

E Registradores MODBUS 24

F Registradores MODBUS associados a eventos 26

1 Introdução

O MFC-201/T é um sistema microcontrolado de alta precisão, confiabilidade e versatilidade desenvolvido especialmente para utilização em transformadores de força. O MFC-201/T foi projetado para realizar a leitura, cálculo, indicação e transmissão das temperaturas dos pontos mais quentes do óleo e de até 3 enrolamentos, e ativar sistemas de ventilação, alarme e desligamento conforme necessário.

A temperatura do óleo é medida diretamente através de RTDs (resistive temperature detectors). Temperaturas de enrolamentos são inferidas a partir da avaliação dos seguintes parâmetros:

- A temperatura do ponto mais quente do óleo (*top oil*).
- Correntes proporcionais à carga em cada enrolamento.
- Gradientes de temperatura de cada um dos enrolamentos sobre o óleo.
- O expoente de correção para cada tipo de ventilação.

Uma vez que todas as temperaturas são conhecidas, o sistema ativa se necessário sistemas de ventilação ou alarme utilizando set-points pré-programados.

Entre os recursos disponíveis, destacamos: até 3 entradas compensadas e auto-calibradas para leitura de RTDs, 3 entradas AC true-RMS isoladas, uma porta RS-485 isolada, uma porta USB, 5 relés com retardo e set-point configuráveis e 2 saídas de corrente.

2 Itens a destacar

O MFC-201/T foi desenvolvido para operação estável sob condições severas. Seu projeto incorpora mecanismos de proteção e redundância para evitar a ocorrência de falhas. Essas são algumas medidas incorporadas em seu projeto:

- A aquisição de temperaturas é feita com resolução de 16 bits. Sinais DC são amostrados somente após um filtro com rejeição 50/60 Hz superior a 100 dB.
- Os sinais de corrente alternada representativos da carga do transformador são isolados por micro TCs de alta precisão/linearidade. Estes TCs transferem os sinais por meios magnéticos, o que garante que suas características não sofrem alteração com o tempo.
- Os TCs apresentam isolamento superior a 2500 V, 60 Hz, 1 min. entre primários e secundários.
- Nos sinais de corrente alternada, são considerados somente os valores eficazes (RMS). Assim sendo, o sistema não considera valores transitórios que poderiam causar picos espúrios de temperatura.
- Ruídos e transitórios normalmente presentes em canais de comunicação não podem ser transferidos ao interior do aparelho. Os canais de comunicação têm isolação galvânica plena contra os demais pontos do aparelho.
- O aparelho automaticamente aciona um contato para alarme e todos os contatos de ventilação forçada caso haja rompimento de RTDs.
- Todos os componentes são para uso industrial (classe 85 °C). Assim sendo, a operação contínua pode ser em até 70 °C.
- Possui alimentação auxiliar isolada para 80-260 Vcc/Vca.

3 Princípio de operação

3.1 Princípio geral

O propósito principal do MFC-201/T é o monitoramento de temperaturas e a ativação de sistemas de resfriamento. Este controlador pode incorporar até 3 entradas para RTDs com compensação de comprimento de cabos e linearização da resposta de temperatura particular a cada tipo de sensor. O primeiro RTD mede a temperatura mais alta do óleo, enqüanto os RTDs restantes (se instalados) podem ser usados para outros propósitos.

O MFC-201/T pode medir as correntes de até 3 enrolamentos, que são usadas para inferir as temperaturas dos mesmos. Para corretamente modelar o transformador em questão, os parâmetros a seguir devem ser configurados pelo usuário:

- A corrente nominal de cada enrolamento.
- O gradiente de temperatura cobre/óleo (em carga nominal).
- A constante de tempo para os enrolamentos.
- O fator de correção para o tipo de ventilação.

Neste manual denotaremos por *canal* um identificador de RTD ou de enrolamento. O MFC-201/T possui 5 relés configuráveis pelo usuário, e cada um deve ser associado a um canal. Por exemplo, o relé associado ao RTD #2 somente responde a variações de temperatura do RTD #2.

Uma vez calculadas as temperaturas, o aparelho é responsável por acionar sistemas de alarme, desligamento ou ventilação baseado em set-points pré-definidos. Existem 5 set-points de temperatura programáveis, correspondentes a 5 relés. Cada relé pode ser associado à temperatura de um RTD ou à temperatura de um determinado enrolamento. Existem também 5 set-points de corrente configuráveis, correspondentes aos mesmos 5 relés. Estes permitem que sistemas de alarme, desligamento ou ventilação sejam acionados com base nas correntes dos enrolamentos.

A decisão de atuar ou não um relé pode não depender exclusivamente da temperatura associada ao mesmo, mas também de outros parâmetros que podem ser programados pelo usuário. Por exemplo, um relé pode ser configurado para estar permanentemente atuado ou desatuado. No evento de falha de RTD por desligamento da ligação ou curto-circuito, o MFC-201/T automaticamente atua todos os relés associados ao resfriamento.

Se a temperatura de um canal for superior à de um set-point de temperatura a ele aplicável, é iniciada uma contagem regressiva. Existe um timer por set-point de temperatura, responsável por atuar um relé associado no instante de sua expiração. Analogamente, quando a corrente de um enrolamento excede um set-point de corrente a ela aplicável, é iniciada uma contagem regressiva. Existe um timer por set-point de corrente, responsável por atuar um relé associado no instante de sua expiração. Timers de corrente e temperatura são independentes.

O limiar de atuação de um relé é igual ao seu set-point. No entanto, seu limiar de desatuação é viesado por meio de uma constante que denotamos *histerese*. Se o limiar de desatuação fosse igual ao de atuação, a ventilação seria ligada e desligada intermitentemente enqüanto o transformador permanecesse no valor de limiar. Para evitar que isso ocorra, cada set-point está associado a um valor configurável de histerese.

Apresentamos abaixo o diagrama de decisões pertinente a atuações para um relé k, onde:

- ▷ T_k é a temperatura do canal;
- ▷ I_k é a corrente do canal;
- ▷ SPT_k é o set-point de temperatura;
- ▷ HT_k é a histerese de temperatura;
- ▷ SPI_k é o set-point de corrente;
- ▷ HI_k é a histerese de corrente.

Note que I_k, SPI_k e HI_k estão somente definidos quando o relé k está associado a um canal de enrolamento. Relés associados a canais de RTD não respondem a medidas de corrente.

Relé dedicados a funções de resfriamento podem também ser atuados diariamente com horário e duração configuráveis. A atuação diária de bombas e ventiladores em regiões frias é desejável para manter partes mecânicas bem lubrificadas e prevenir o acúmulo de sujeira.

Durante a operação normal são registrados em memória não volátil os picos de temperatura de cada um dos canais. É registrada a temperatura máxima por canal por hora para o período das últimas 24 horas.

O MFC-201/T possui 2 saídas analógicas de corrente (para as temperaturas do óleo e de 3 enrolamentos), configuráveis nos intervalos 0-1, 0-5, 0-10, 0-20 e 4-20 mA.

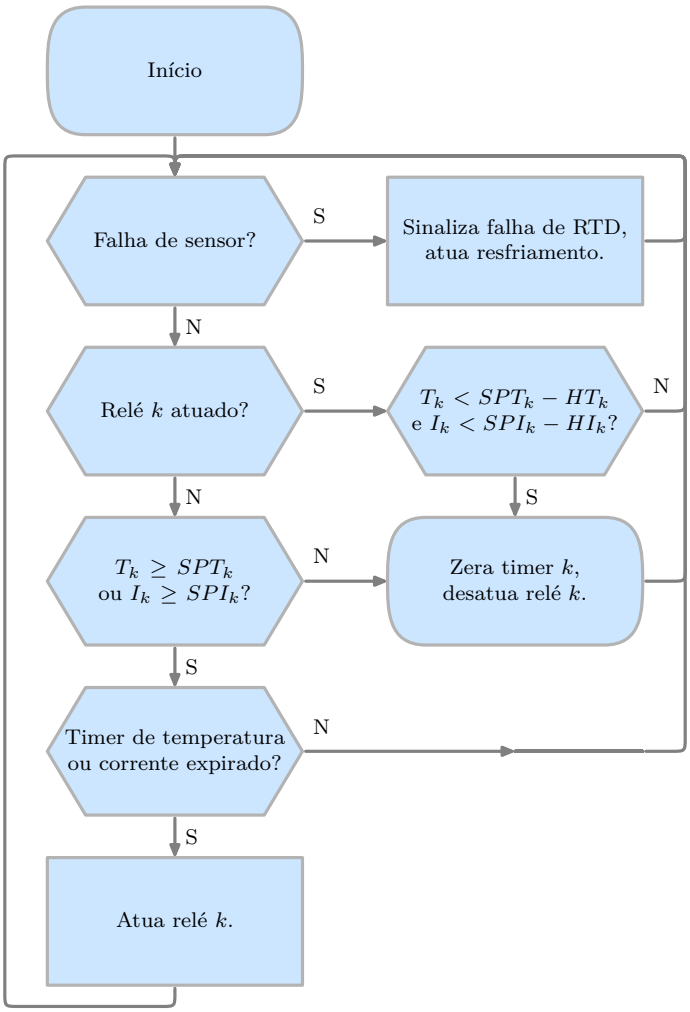


Figura 3.1 Lógica de Atuação dos Relés

3.2 Operação dos RTDs

O MFC-201/T pode ser fornecido em configurações com até 3 RTDs independentes ou até 3 RTDs redundantes.

A configuração com RTDs independentes cria um canal de temperatura para cada RTD, permitindo a associação de relés a RTDs específicos. O primeiro RTD é destinado à medida da temperatura do óleo, e os RTDs restantes podem ser usados para qualquer outro propósito.

A configuração com RTDs redundantes associa até 3 RTDs à medida da temperatura do óleo. O MFC-201/T constantemente avalia o estado de cada RTD e de sua conexão, e automaticamente ignora sensores que estejam inoperantes ou que apresentem comportamento anormal.

Na configuração de RTDs redundantes, a temperatura atribuída ao óleo é aquela medida pelo primeiro RTD operacional. A opção de usar somente um RTD é intrínsecamente mais robusta do que alternativas que calculam médias entre sensores. De fato, dada uma probabilidade p de perturbação de um RTD (que consideramos pequena), um algoritmo que calcula médias de N RTDs aumentará a probabilidade de perturbação do sistema para aproximadamente $N \cdot p$, diminuindo a confiabilidade total. Considerando que a precisão de medidas de RTDs significativamente excede os requisitos de controle de temperatura para transformadores de potência, o uso de médias entre sensores revela-se desnecessário e indesejável.

Em ambas configurações, a detecção de problemas em um ou mais RTDs é sinalizada através da atuação de um relé de falha de RTD, que está reservado exclusivamente para esta função. Os seguintes eventos são considerados falhas:

- Temperatura medida abaixo de 0 °C ou acima de 255 °C.
- Temperatura com taxa de variação superior a 20 °C/s.
- Detecção de inconsistências no circuito de medida.
- Diferença de temperatura entre sensores superior ao valor do parâmetro Máxima Diferença de Temperatura (somente para a configuração de RTDs redundantes).

Na configuração de RTDs independentes, qualquer um dos eventos acima resulta na atuação do relé de falha de RTD, no acionamento de todos os relés associados à função de ventilação e no bloqueio de relés associados a alarmes. Caso a situação seja normalizada (por exemplo, através a substituição de um RTD com defeito), o sistema somente retornará à operação normal após um atraso de 30 segundos.

Na configuração de RTDs redundantes, qualquer evento acima implica na atuação do relé de falha de RTD. A falha de todos os RTDs ou a existência de uma discrepância de medida superior ao valor do parâmetro Máxima Diferença de Temperatura implica no acionamento automático de todos os relés associados à função de ventilação e no bloqueio de atuações futuras. Em particular, a falha de um único RTD não bloqueia a operação do sistema. Assim como no caso anterior, o sistema somente desatua o relé de RTD (e retorna à operação normal, se estiver bloqueado) 30 segundos após verificar a ausência de falhas.

3.3 Registro de eventos (opcional)

O MFC-201/T pode opcionalmente possuir um módulo de memória, permitindo que este registre eventos em memória não volátil. Um evento consiste de uma mudança no estado

de um relé, que por sua vez pode ser causada por setpoints configuráveis pelo usuário ou falhas do sistema, conforme descrito nas seções acima. Note que um relé não precisa estar em uso (ou instalado) para que este gere eventos através de seus setpoints. O MFC-201/T também pode ser forçado a gerar eventos periódicos a cada n minutos (com $1 < n \leq 60$) através da configuração do parâmetro Timer de Eventos.

Quando um evento ocorre, o MFC-201/T registra todas as temperaturas medidas (RTDs 1-3, óleo e enrolamentos 1-3) e o estado de todos os relés. Cada evento é associado a um valor de 48 bits que representa o número de millisegundos desde o primeiro millisegundo de 01 de janeiro de 1970.

O MFC-201/T escreve eventos em uma fila FIFO (first in, first out) não volátil, que pode registrar até 3584 eventos. Note que se o parâmetro Timer de Eventos estiver configurado para 10 minutos, esta fila reciclará aproximadamente a cada 25 dias devido a registro de eventos periódicos somente (sem considerar eventos causados por comutações de relés, que tipicamente serão mais raros). Se este timer for configurado para 1 minuto, a fila reciclará aproximadamente a cada 2.5 dias.

O histórico de eventos pode ser visualizado no display do MFC-201/T acessando o menu Historico de Eventos. O evento mais recente é indicado primeiro, e os outros eventos podem ser acessados pressionando as telas ↑ ou ↓. O histórico também pode ser gravado em formato CSV (comma separated values) usando a interface USB (opcional) e o software do MFC-201/T para Windows ou Linux, que está disponível para download em nosso site.

4 Indicações

Durante a operação normal, o MFC-201/T alterna entre a indicação de cada canal. O tipo de indicação pode ser escolhido entre Temperatura, Corrente e Porcentagem.

Na indicação de Temperatura, o valor apresentado para o óleo é aquele lido pelo RTD, após a compensação de sua não-linearidade intrínseca e da resistência das conexões. As temperaturas de óleo são inferidas e dependem da escolha de um modelo adeqüado (em particular, da definição correta dos parâmetros ΔT[1-3], m e τ).

Na indicação de Corrente são apresentadas as grandezas físicas medidas pelo MFC-201/T: a resistência medida no RTD (já descontada a resistência de conexões) e a corrente representativa da carga de cada enrolamento.

Na indicação de Porcentagem são apresentadas as cargas dos enrolamentos, tendo como referência seus valores nominais.

O tipo de indicação pode ser alternado temporariamente mediante as teclas ↑ e ↓.

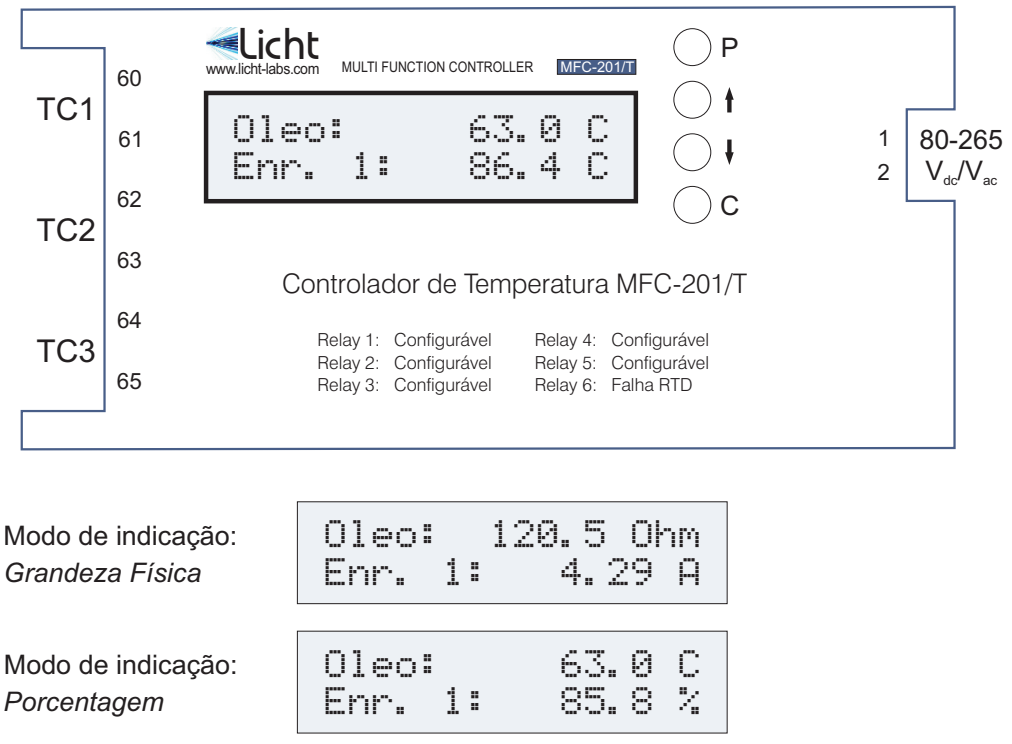


Figura 4.1 Painel frontal

5 Configuração

O MFC-201/T possui 4 teclas que permitem acessar toda sua funcionalidade. O procedimento para a configuração de qualquer parâmetro é o seguinte:

1. Escreva a senha de 4 letras uma letra por vez, usando as teclas ↑ e ↓ para escolher cada letra e a tecla **P** para avançar entre letras. A senha padrão é AAAA.
2. Pressione a tecla **P** para entrar no modo de programação.
3. Usando as teclas ↑ e ↓, escolha o parâmetro desejado.
4. Pressione novamente **P** para confirmar a escolha do parâmetro.
5. Escolha a configuração desejada usando ↑ e ↓.
6. Confirme pressionando **P**.

As opções de configuração podem ser avançadas rapidamente mantendo pressionada a tecla ↑ ou ↓.

A qualquer momento a programação pode ser cancelada pressionando a tecla **C**.

5.1 Reset de parâmetros

O MFC-201/T pode ser restaurado à sua configuração de fábrica se for energizado com a tecla **C** pressionada. Este procedimento também reseta sua senha para AAAA.

6 Parâmetros programáveis

O MFC-201/T foi desenvolvido visando proporcionar ao usuário do produto a maior versatilidade possível, de forma que toda a supervisão e configuração do sistema possa ser executada no próprio aparelho (através do teclado ou conexão USB) ou à distância (através do link RS-485).

A seguir definimos todos os parâmetros configuráveis pelo usuário.

Parâmetro: Set Point (°C)[1-5]
Opções: 0 a 255 °C, em incrementos de 1 °C.
Descrição: Ponto de atuação (set-point) de temperatura dos relés 1-5.

Parâmetro: Histerese (°C)[1-5]
Opções: 1 a 255 °C, em incrementos de 1 °C.
Descrição: Histerese de temperatura na atuação/desatuação dos relés 1-5.

Parâmetro: Retardo[1-5]
Opções: 0.1 a 25.5 minutos, em incrementos de 0.1 minuto.
Descrição: Retardo de atuação dos relés 1-5.

Parâmetro: Canal Associado[1-5]
Opções: Óleo, Enr. 1, Enr. 2, Enr. 3, RTD 2, RTD 3.
Descrição: Canal associado a cada relé. Note que set-points de temperatura estão ativos em todos os canais, enqüanto set-points de corrente estão ativos somente em canais associados a enrolamentos.

Parâmetro: Atuação Forçada[1-5]
Opções: Normal, Permanente.
Descrição: Seleciona se o relé responde a variações de temperatura ou corrente (Normal), ou está permanentemente atuado (Permanente).

Parâmetro: Lógica de Atuação[1-5]
Opções: Normal, Inversa.
Descrição: Lógica de atuação de cada relé.

Parâmetro: Set Point (I%)[1-5]
Opções: 0 a 150% da corrente nominal do enrolamento associado, em incrementos de 1%.

Descrição: Ponto de atuação (set-point) de corrente dos relés 1-5. Note que este set-point é válido para relés associados a enrolamentos, é ignorado em relés associados a RTDs.

Parâmetro: Histerese (I%)[1-5]
Opções: 1 a 255%, em incrementos de 1%.
Descrição: Histerese de corrente para a atuação/desatuação dos relés 1-5.

Parâmetro: Função Associada[1-5]
Opções: Alarme, Resfriamento.
Descrição: Define a função associada a cada relé. Relés associados a resfriamento são automaticamente atuados no evento de falhas de RTD, e são atuados diariamente se a opção Resfriamento Diário estiver habilitada.

Parâmetro: Tipo de Indicação
Opções: Temperatura, grandeza, porcentagem.
Descrição: Tipo dos valores indicados no painel.

Parâmetro: ΔT[1-3]
Opções: 0 a 99 °C, em incrementos de 1 °C.
Descrição: Gradiente de temperatura cobre/óleo para os enrolamentos 1-3. Representa a temperatura que o enrolamento atinge acima do óleo sob carga nominal.

Parâmetro: I_N[1-3]
Opções: 0.2 a 5.0 A em incrementos de 0.1 A.
Descrição: Corrente nominal considerada pelo aparelho no cálculo da temperatura dos enrolamentos 1-3.

Parâmetro: Constante de Tempo (τ)
Opções: 0.0, ou de 3.0 a 20.0 minutos, em incrementos de 0.1 minuto.
Descrição: Constante de tempo do modelo de primeira ordem dos enrolamentos. Quando programada em 0, considera que o transformador tem capacidade calorífica nula.

Parâmetro: m
Opções: 0.5 a 1.0, em incrementos de 0.1.
Descrição: Expoente para o tipo ventilação utilizado. Levando em conta sua constante de tempo, a curva de temperatura para um degrau de corrente com amplitude I_D é:

$$T_{enr}(t) = T_{oleo} + \Delta T \left(\frac{I_D}{I_N}\right)^{2m} \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Logo, a temperatura final (em equilíbrio térmico) de um enrolamento com corrente constante I é dada por:

$$T_{enr}(\infty) = T_{oleo} + \Delta T \left(\frac{I}{I_N}\right)^{2m}$$

Parâmetro: Resfriamento Diário (Início)
Opções: 00:00 a 23:59, em incrementos de 1 minuto.
Descrição: Horário do dia no qual todos os relés de resfriamento são ativados. Use esta opção para garantir lubrificação adeqüada de ventiladores e bombas operando em climas frios.

Parâmetro: Resfriamento Diário (Duração)
Opções: Desabilitado, ou 1 a 999 minutos, em incrementos de 1 minuto.
Descrição: Duração do ciclo diário de resfriamento.

Parâmetro: Timer de Eventos
Opções: Desabilitado, ou 1 a 60 minutos, em incrementos de 1 minuto.
Descrição: intervalo de tempo entre o registro forçado de eventos (se esta opção estiver instalada).

Parâmetro: Máxima Diferença de Temperatura
Opções: 1 a 200 °C, em incrementos de 1 °C.
Descrição: em controladores com sensores de temperature redundantes, configura o limiar para máxima diferença de temperatura permitida entre sensores diferentes. Se a temperatura de quaisquer dois sensores diferir por mais do que o limiar configurado, o MFC-201/T acusa falha de RTD. Este parâmetro não está disponível em controladores fornecidos com configurações de sensores independentes.

6.1 Saídas de corrente (opcional)

Parâmetro: Escala de Saída
Opções: 0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA
Descrição: escala dos loops de corrente.

Parâmetro: T_{FE} Óleo
Opções: 0 a 255 °C, em incrementos de 1 °C.
Descrição: Fundo de escala da temperatura do óleo. Por exemplo, se T_{FE} Oleo = 150 °C e

Escala de Saída = 4-20 mA, a temperatura indicada será 0 °C para 4.0 mA e 150 °C para 20.0 mA.

6.2 Comunicação MODBUS

Parâmetro: Baud Rate
Opções: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps.
Descrição: taxa de bits para a comunicação RS-485.

Parâmetro: Formato
Opções: 8N1, 8E1, 8O1, 8N2.
Descrição: formato de transmissão de cada símbolo, onde:

- 8N1: 8 bits de dados, sem paridade, 1 bit de parada.
- 8E1: 8 bits de dados, paridade par, 1 bit de parada.
- 8O1: 8 bits de dados, paridade ímpar, 1 bit de parada.
- 8N2: 8 bits de dados, sem paridade, 2 bits de parada.

Parâmetro: Endereço
Opções: 1 a 247.
Descrição: endereço do MFC-201/T no bus MODBUS.

6.3 Comunicação DNP3 (opcional)

Nota: os nomes dos parâmetros DNP3 foram mantidos no original em inglês para evitar dúvidas relativas à terminologia usada na norma.

Parâmetro: Baud Rate
Opções: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps.
Descrição: taxa de bits para a comunicação RS-485.

Parâmetro: Format
Opções: 8N1, 8E1, 8O1, 8N2.
Descrição: formato de transmissão de cada símbolo, onde:

- 8N1: 8 bits de dados, sem paridade, 1 bit de parada.
- 8E1: 8 bits de dados, paridade par, 1 bit de parada.
- 8O1: 8 bits de dados, paridade ímpar, 1 bit de parada.
- 8N2: 8 bits de dados, sem paridade, 2 bits de parada.

Parâmetro: Address
Opções: 0x0000 a 0xFFEF.
Descrição: endereço do MFC-201/T em notação hexadecimal.

Parameter: Application Layer Confirmation
Options: Only when transmitting events or multi-fragment responses, Always.
Description: Seleciona quando o MFC-201/T deve requisitar confirmações da camada de aplicação.

Parameter: Maximum Inter-Octet Gap
Options: 2 a 100 ms.
Description: A norma DNP3 estabelece que quadros não devem ter pausas entre bytes (inter-octet gaps). De acordo com a especificação, o MFC-201/T nunca insere pausas entre bytes. No entanto, disponibilizamos a opção de tolerar pausas durante a recepção. Quadros com pausas maiores que Maximum Inter-Octet Gap são silenciosamente ignorados.

Parameter: Backoff Delay (Fixed)
Options: 1 a 100 ms.
Description: Veja a descrição de Backoff Delay (Random).

Parameter: Backoff Delay (Random)
Options: 1 a 100 ms.
Description: O MFC-201/T foi projetado para enlaces com topologia de bus, onde mais de um escravo pode transmitir. Um mecanismo de espera (backoff) é implementado para prevenir colisões. Antes de transmitir, o MFC-201/T espera até que a linha se torne ociosa. Ao detectar a ociosidade, espera $T_{delay} = T_{fixed} + T_{random}$ ms, onde T_{fixed} é o fixed backoff delay, e T_{random} é um valor aleatório, uniformemente distribuído entre 0 e o parâmetro random backoff delay. Se após T_{delay} ms a linha ainda estiver ociosa, o MFC-201/T inicia a transmissão.

Parameter: Insert Inter-frame Gap
Options: Never, Always.
Description: A norma DNP3 estabelece que pausas entre quadros são desnecessárias. No entanto, já foram observados mestres que ignoram quadros quando nenhuma pausa entre quadros é fornecida. Essa opção permite a comunicação com tais mestres. Seu uso é desencorajado, pois pausas forçadas implicam em backoff delays forçados.

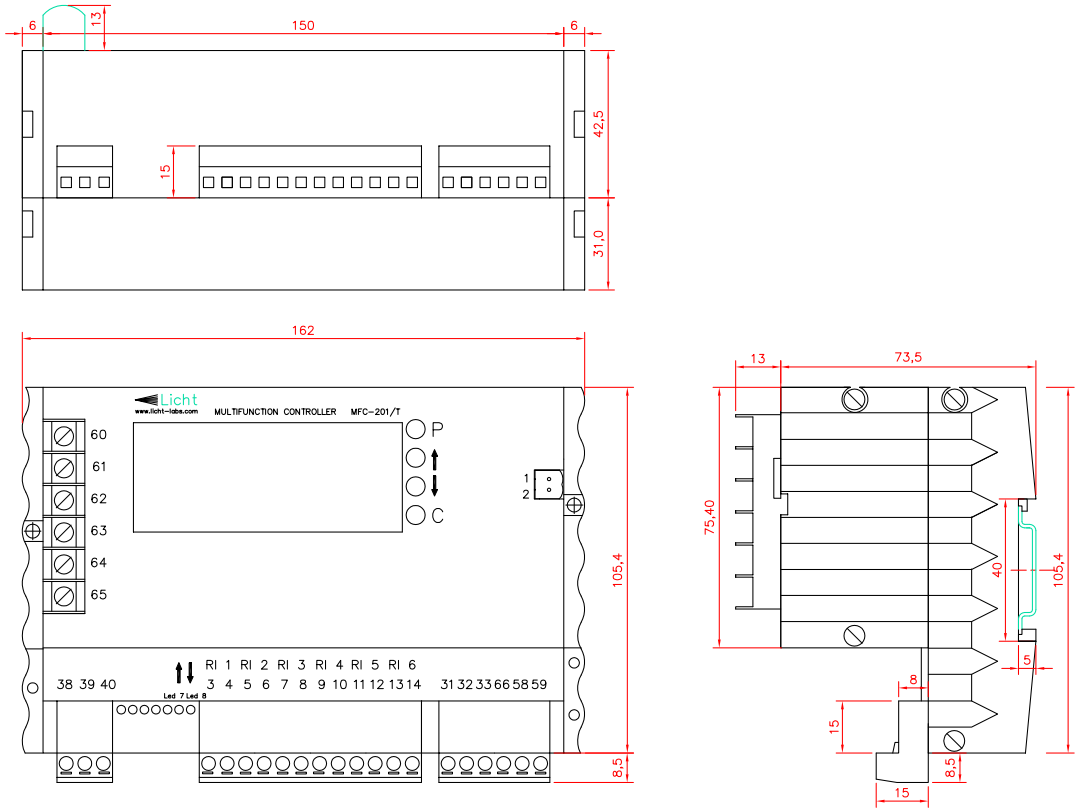
6.4 Relógio

Parâmetro: Data/Hora
Opções: HH:MM:SS DD/MM/AAAA
Descrição: ajuste da data e hora atual.

A Especificações

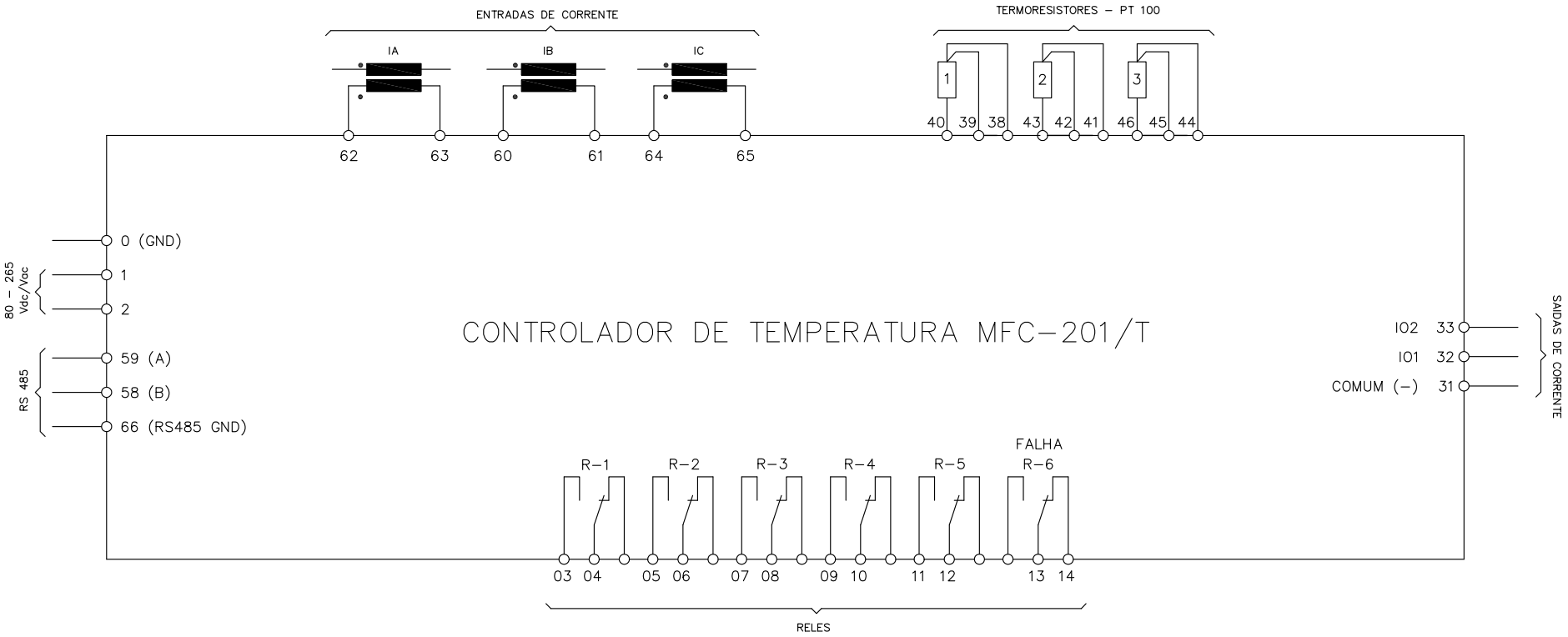
Alimentação	Isolada 80-260 Vca/Vcc.
Consumo	8 W
Temperatura de Operação	-20 a 70 °C (display LCD) -40 a 85 °C (display VFD)
Grau de Proteção	IP20
Fixação	Trilho DIN 35 mm
Dimensões	162 x 105 x 87 mm
Peso	750 g
Entradas DC	Tipos: RTD, loop de corrente, tensão Erro/Não-linearidade: 0.2% + 0.1% / 10 °C
Entradas AC	Escala: 0-5 A Erro/Não-linearidade: 0.5% + 0.1% / 10 °C
Saídas de Corrente	Escalas: 0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA Erro/Não-linearidade: 0.2% + 0.1% / 10 °C
Isolação Galvânica (60 Hz, 1 min.)	Entradas AC 2.5 kV Saídas 2.5 kV Comunicação 2.5 kV
Comunicação	RS-485 - MODBUS RTU ou DNP3 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps 8N1, 8E1, 8O1, 8N2
Displays	2 linhas de 16 caracteres (5 mm). LCD com backlight ou VFD.
Relés	10 A @ 250 Vca, 0.5 A @ 125 Vcc Isolação galvânica: 2.5 kV, 60 Hz, 1 min.

B Alojamento



DIMENSÕES EM MM

C Diagrama de conexões



Observações

A instalação de qualquer equipamento eletrônico em subestações deve atender às recomendações das normas pertinentes. A norma mais abrangente e atual é a IEC 61000-5-2:1997, que compreende resultados de décadas de pesquisas em laboratório e em campo. A seguir listamos algumas das recomendações presentes nesta norma, e que devem ser observadas em subestações de toda natureza. Recomendamos a leitura dos artigos e notas de aplicação para instalação que estão disponíveis on-line em nosso site.

a. Devem ser usados cabos blindados para as conexões dos RTDs, saídas de corrente, comunicação RS-485 e alimentação auxiliar.
b. Cabos devem estar segregados em bandejas ou canaletas de acordo com suas funções. Em particular, cabos de potência nunca devem ser roteados na proximidade de cabos de sinal, ainda que estes estejam blindados. As distâncias mínimas que devem ser observadas estão descritas na norma IEC 61000-5-2:1997 e em artigos disponíveis on-line na página deste controlador.
c. A continuidade elétrica de cabos, canaletas, calhas e eletrodutos deve existir até freqüências da ordem de MHz ao longo de toda sua extensão, incluindo curvas e junções. Para garantir esta continuidade, emendas e junções de cabos, canaletas e eletrodutos devem garantir contato elétrico ao longo de suas seções transversais, e nunca em um só ponto. Em particular, emendas de canaletas devem ser feitas com chapas soldadas (ideal) ou parafusadas em múltiplos pontos (aceitável) e nunca devem ser feitas com fios.
d. Caso cabos precisem ser emendados, a blindagem não deve ser interrompida. Blindagens devem ser emendadas de forma circular, de forma a preservar a malha de blindagem ao longo de 360°.
e. Trechos sem blindagens (por exemplo, nas terminações de réguas de bornes) devem ser os mais curtos possíveis.
f. Canaletas, calhas e eletrodutos devem ser eletricamente contínuos, e devem ser aterrados em ambas extremidades. Esta configuração permite que canaletas, calhas e eletrodutos simultaneamente ofereçam blindagem e trabalhem como condutores paralelos.
g. Cabos blindados devem ter suas blindagens aterradas em ambas extremidades. É imprescindível que a canaleta, calha ou eletroduto que contém cada cabo também esteja aterrada em ambas extremidades, de forma que trabalhe como condutor

paralelo. Na ausência de um condutor paralelo, a blindagem de cada cabo estará exposta a correntes excessivas que comprometerão sua operação.

h. Pares RS-485 devem estar terminados em ambos extremos por resistores de 120 Ω.
i. Dispositivos RS-485 devem formar um bus ou conexão ponto-a-ponto. Não devem ser feitas redes com outras topologias (árvore, estrela, anel, etc.).
j. Entradas para contatos secos devem estar livres de potenciais.

D Ficha de ajustes

Parâmetro	Faixa de Ajuste	Ajuste Escolhido
Relé	1 a 5	
Função	Alarme, Ventilação	
Set Point (°C)	0 a 255 °C	
Histerese (°C)	1 a 255 °C	
Set Point (I%)	0 a 150 %	
Histerese (I%)	1 a 255 %	
Retardo	0.1 a 25.5 min.	
Canal Associado	Óleo, Enr. 1-3, RTD 2-3	
Atuação Forçada	Normal, Permanente	
Lógica de Atuação	Normal, Inversa	

Parâmetro	Faixa de Ajuste	Ajuste Escolhido
Tipo de Indicação	Temperatura, corrente, porcentagem	
ΔT1	0-99 °C	
ΔT2	0-99 °C	
ΔT3	0-99 °C	
I_N1	0.0-5.0 A	
I_N2	0.0-5.0 A	
I_N3	0.0-5.0 A	
Constante de Tempo	0.0, 3.0-20.0 min.	
m	0.0, 0.5-1.0	
Freqüência de Operação	60 Hz, 50 Hz	
Resfriamento Diário (Início)	00:00 a 23:59	
Resfriamento Diário (Duração)	Desabilitado, 1 a 999 minutos	
Timer de Eventos	Desabilitado, 1 a 60 minutos	
Máxima Diferença de Temperatura	1-200 °C	
Escala de Saída	0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA	
T_{FE}	0-255 °C	
Baud Rate	9600, 19200, 38400, 57600, 115200	
Formato	8N1, 8E1, 8O1, 8N2	
Endereço	1-247	
Data	01-Jan-2000 a 31-Dez-2099	
Hora	00:00:00-23:59:59	

E Registradores MODBUS

O MFC-201 implementa as funções *Read Holding Register* (0x03), *Write Single Register* (0x06) e *Write Multiple Register* (0x10) do protocolo MODBUS RTU. O uso de qualquer outra função retornará uma exceção do tipo "unsupported function code".

Apresentamos abaixo a tabela de registradores remotamente acessíveis.

Holding Register	**Descrição**	**Ajuste**	**Multiplicador**
1-5	Set Point (°C)[1-5]	0 a 255 °C	1
21-25	Histerese (°C)[1-5]	1 a 255 °C	1
41-45	Retardo[1-5]	0.1 a 25.5 min.	10
61-65	Canal Associado[1-5]	0: Óleo 1-3: Enrolamentos 1 a 3 4-5: RTDs 2 a 3	1
81-85	Atuação Forçada[1-5]	0: operação normal 1: sempre atuado	1
101-105	Lógica de Atuação[1-5]	0: normal 1: invertida	1
121-125	Set Point (I%)[1-5]	0 a 150 %	1
141-145	Histerese (I%)[1-5]	1 a 255 %	1
161-165	Função Associada[1-5]	0: alarme 1: resfriamento	1
201	Tipo de Indicação	0: temperatura 1: corrente 2: porcentagem	1
202-204	ΔT[1-3]	0 a 99 °C	1
205-207	I_N[1-3]	0.2 a 5.0 A	10
208	Alternância de Set Points	0: desativada	1
209	Constante de Tempo (τ)	0.0, ou 3.0-20.0 min.	10
210	m	0.0, ou 0.5-1.0	10
211	Freqüência de Operação	0: 60 Hz 1: 50 Hz	1
212	Resfriamento Diário (Início)	0 a 1439 (minutos a partir de 00:00)	1
213	Resfriamento Diário (Duração)	0 a 999 minutos	1
214	Timer de Eventos	0: Desabilitado 1 a 60 minutos	1
215	Máxima Diferença de Temperatura	1 a 200 °C	1

Holding Register	Descrição	Ajuste	Multiplicador
301	Loop de Corrente - Escala de Saída	0: 0-1 mA 1: 0-5 mA 2: 0-10 mA 3: 0-20 mA 4: 0-20 mA	1
302	T_{FE} Óleo	0 a 255 °C	1
401	Hora local	0 a 23	1
402	Minuto local	0 a 59	1
403	Segundo local	0 a 59	1
404	Dia local	1 a 31	1
405	Mês local	1 a 12	1
406	Ano local (2000-2099)	0 a 99	1
501-503	Temperatura Enrolamento[1-3]	0.0 a 255.0 °C	10
504-506	Corrente Enrolamento[1-3] (A)	0.00 a 5.00 A	100
507-509	Corrente Enrolamento[1-3] (%)	0.0 a 200.0 %	10
510	Temperatura RTD1/Óleo	0.0 a 255.0 °C	10
511	Resistência RTD1	0.0 a 255.0 Ω	10
512	Temperatura RTD2	0.0 a 255.0 °C	10
513	Resistência RTD2	0.0 a 255.0 Ω	10
514	Temperatura RTD3	0.0 a 255.0 °C	10
515	Resistência RTD3	0.0 a 255.0 Ω	10
601-605	Estado do Rele[1-5]	0: desatuado 1: atuado	1
701-3	Temperatura máxima Enr[1-3]	0 a 255 °C	1
704	Temperatura máxima RTD1	0 a 255 °C	1
705	Temperatura máxima RTD2	0 a 255 °C	1
706	Temperatura máxima RTD3	0 a 255 °C	1

F Registradores MODBUS associados a eventos

Os registradores MODBUS da tabela a seguir estão disponíveis em controladores com a opção de registro de eventos.

Controladores com opção de registro de eventos possuem uma memória tipo fila FIFO (first in, first out) que permite o registro de até 3584 eventos. Para ler um evento à distância usando a interface MODBUS, primeiro é necessário escrever no registrador 801 o identificador do evento a ser lido, que é um valor entre 0 a 3583. O valor com as temperaturas ficará então disponível para leitura nos registradores 803 a 812 (que são acessíveis somente para leitura).

O identificador do último evento registrado pelo MFC-201/T está disponível para leitura no registrador 802. Eventos novos são gravados em ordem crescente, tal que para ler eventos passados deve-se decrementar o identificador de eventos.

Holding Register	**Descrição**	**Ajuste**	**Multiplicador**
801	ID do evento a ser lido	0 a 3583	1
802	ID do último evento	0 a 3583	1
803	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 0-15	1
804	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 16-31	1
805	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 32-47	1
806-808	Temperatura evento Enr[1-3]	0 a 255 °C	1
809	Temperatura evento RTD1	0 a 255 °C	1
810	Temperatura evento RTD2	0 a 255 °C	1
811	Temperatura evento RTD3	0 a 255 °C	1
812	Mapa de bits dos relés	bit n: estado do relé n+1	1